

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 5 日現在

機関番号：14403

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2017

課題番号：26780497

研究課題名(和文) 数学の対話的本性に基づく算数・数学の学習理論の開発研究

研究課題名(英文) A Research on Theory for Mathematics Learning Based on the Dialogic Nature of Mathematics

研究代表者

真野 祐輔 (Shinno, Yusuke)

大阪教育大学・教育学部・准教授

研究者番号：10585433

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、数学の対話的本性に根ざした社会的構成主義の哲学に基づき、数学学習の理論を新たに開発することである。本研究では、数学の対話的本性の重要な側面として、数学的ディスコースと記号論的視点に注目し、理論的・実証的研究を進めることとする。本研究の主要な研究成果は、既存の学習理論の捉え直し、統合的な理論枠組みの構築、構築した理論枠組みの実証的研究、理論のネットワーク化への貢献、という4点に要約できる。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to develop a new theory for mathematics learning, based on a social constructivism and a dialogic nature of mathematics. This study focuses on mathematical discourse and semiotic perspective, which allow us to analyze essential aspects of mathematical learning as a dialogic process. The main results of the study can be summarized as the following four points: 1) re-conceptualizing an existing learning theory, 2) constructing an integrated theoretical framework, 3) an empirical study on the constructed framework, 4) a contribution for networking theories.

研究分野：数学教育学

キーワード：数学的ディスコース 記号論的視点 社会的構成主義 学習理論 数学教育

1. 研究開始当初の背景

グローバル化時代を背景として、近年では、世界各国の数学教育研究者が積極的に自国または他国の数学教育の実践や研究を国際的な研究コミュニティの中で発信する動きが加速している。わが国の数学教育研究者もその例外ではなく、日本の数学教育を国際的に発信してきている。また、『The Teaching Gap』(Stigler & Hiebert, 1999)を契機として、日本の数学教育が世界的な注目を集めたこともこうした動きを後押ししていると思われる。一方、世界的に注目を集めた日本の数学教育とは、学習者中心の授業スタイルや授業研究に代表される教員研修スタイルなどの数学教育の実践的側面が中心であり、数学教育研究の理論的側面においては、国際的な研究コミュニティにおいて日本からの貢献は必ずしも十分ではないように思われる。日本の優れた数学教育実践が、なぜ優れているのか、またそうした実践を評価する基準は何なのか、さらにそうした基準は国際的に共有可能なものなのか、などを考えるとき、国際的な研究コミュニティで通用する用語集が必要であり、そうした用語集は確かな理論的基盤に根ざしている必要があると考える。

本研究では、今日のように「思考」や「表現」や「言語」に関わる教授学習活動を強調する日本の数学教育実践のための適切な理論的基盤として、数学の対話的本性に根ざした社会的構成主義の哲学に注目することとした。数学教育における社会的構成主義は、1990年代にイギリスと数学教育研究者 P. Ernest によって提唱された数学の哲学であり、わが国でも比較的早く注目された。しかし、数学の社会的構成主義と数学の学習理論との関係は必ずしも明確ではない。本研究では、数学の対話的本性という視座から数学学習のメカニズムを分析する理論的観点として、ディスコースと記号論に焦点を当てて学習理論の研究を進めることとした。

2. 研究の目的

本研究の目的は、数学の対話的本性に根ざした社会的構成主義の哲学に基づき、数学学習の理論を新たに開発することである。本研究では、数学の対話的本性の重要な側面として、数学的ディスコースと記号論的視点に注目し、理論的・実証的研究を進めることとする。なお、本研究では学習理論の開発までを射程に入れ、理論に基づく応用的研究(授業設計や授業評価等)は、本研究の成果に基づく新たな研究課題とする。

3. 研究の方法

本研究の主要な焦点は、学習理論の開発であるため、文献研究を通じた理論的枠組みの構築とその検証が中心的な研究活動となる。本研究の開始時点において、社会的構成主義に関する文献研究はすでにある程度進めてきていたため、本研究では数学の対話的側面

の重要な側面としての数学的ディスコースと記号論的視点に関する文献研究を中心に行うこととした。数学的ディスコースに関しては、A. Sfard のコミュニケーション理論を基盤とし、記号論的視点に関しては、N. Presmeg の記号論的連鎖のモデルを基盤とすることとした。

本研究では、数学的ディスコースと記号論的視点を組み合わせる(理論のネットワーク化)ことで新たな理論的枠組みを構築し、その枠組みを用いて学習過程を質的に分析することで、研究目的の達成を目指した。

4. 研究成果

既存の学習理論の捉え直し

数学教育学の国際的な研究コミュニティの中で、「ディスコース」の概念は、数十年間議論されてきているが、近年最も影響力のある研究枠組みの一つに A. Sfard が提唱した「コモグニション(commognition)」と呼ばれる概念がある。この視点からすると、数学学習とは、学習者が教室コミュニティに参加するためになされる思考とコミュニケーションが一体化したディスコースの活動であると捉えられる。こうした数学学習観は、参加主義的学習観と呼ばれ、学習を知識の獲得であると捉える獲得主義的学習観と対比される。

本研究の主要成果の一つは、「コモグニション」の視点から既存の学習理論(具象化理論)を捉え直したことである。「コモグニション」概念は、2000年代に A. Sfard によって提唱されたが、A. Sfard は1980年代から90年代にかけて具象化理論という学習理論(数学的概念形成理論)も提唱している。この「具象化」という概念は、数学の学習や概念形成にとって本質的な局面を示すものであり、国内外の多くの数学教育研究者が具象化理論を応用した研究を進めてきた。具象化理論は、主として認知論的アプローチに基づく理論であり、それは参加主義的学習観を標榜する「コモグニション」理論とは全く異なるパラダイムに基づくものである。一方、「コモグニション」理論の範疇においても「具象化」が用語として用いられている点は興味深いことである。しかし、多くの論文では、現在でも「コモグニション」に言及することなく旧来の理論に基づく「具象化」概念が用いられていたり、「具象化」の意味規定が曖昧なまま「コモグニション」理論の枠組みの中で用いられたりしている。そこで本研究では、過去約25年の関連文献を精査し、「具象化」概念には少なくとも3つの理論的説明(認知論的、記号論的、コモグニション論的)が与えられていることを明らかにし、それらの比較検討を行なった。表1は、その成果を整理したものであり、「具象化」概念が、それぞれの理論枠組みにおいて、定義、契機と課題、発生場所において、異なる説明が与えられることを示唆している。

表1：「具象化」概念の異なる説明
(Shinno, 2018, p. 300)

	認知論的	記号論的	コモグニシ ョン論的
定義	操作コン セプション から構 造的コン セプション への移 行	記号内容 と記号表 現の組の 構成	過程につ いての語 りから対 象につ いての語 りへの置 換
契機と課 題	内面化と 凝縮化に 続く段階	ある記号 表現の換 喩的使用 (意味論 空間)	未実体化 の記号表 現への困 惑
発生場所	認知過程	記号論的 連鎖の過 程	ディスコ ースの過 程

統合的な理論枠組みの構築

本研究のもう一つの主要な研究成果は、「コモグニション」理論と記号論的連鎖モデルの両方を基盤とした統合的な理論枠組みを構築したことである。2つの理論を組み合わせることの利点は、表2をもとに説明できる。「コモグニション」理論の枠組みには、表2に示す通り4つの構成要素があるが、その中でも「ルーチン(メタ規則)」の特定が重要である。しかし「ルーチン(メタ規則)」は、メタレベルのディスコースであるため、その特定は容易ではない。こうした理論的な課題は、記号論的連鎖のモデルと組み合わせることにより幾分解消されるのである。つまり、統合的な理論枠組みでは、記号論的連鎖モデルの3つの構成要素のうち、「解釈項」を「ルーチン(メタ規則)」として同定することができる。一方、記号論的連鎖のモデルでは、「記号表現」と「記号内容」として特定されるものが連鎖過程の中で変化していくが、「コモグニション」理論の枠組みの要素と組み合わせることで、「記号表現」と「記号内容」の相互作用をより精緻に分析できるようになるという利点がある。

表2：理論的用語の関係づけ

コモグニション理論	記号論的連鎖モデル
用語	記号表現 or 記号内容
視覚的媒介	記号表現 or 記号内容
承認されたナラティブ	記号表現 or 記号内容
ルーチン(メタ規則)	解釈項

構築した枠組みの実証的研究

本研究では、構築した理論枠組みの記述性を、中学校数学科の授業分析を通して実証的に検討した。図1は、実証的研究の結果の一部を表している。図1について、ここで詳細に説明することはできないが、「ルーチン(メタ規則)」の変化を「解釈項(interpretant)」

の変化として特徴付けることで、数学学習の本質的な局面(「コモグニション」理論では「コモグニション葛藤」と呼ばれる局面)を浮き彫りにすることができた。

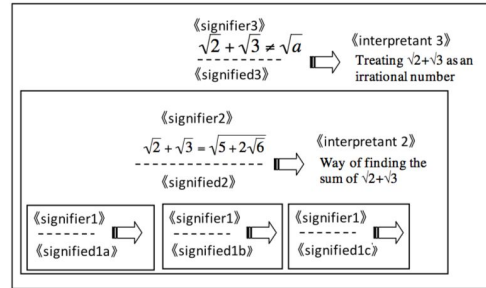


図1：実証的研究の結果の一部
(Shinno, 2018, p. p. 310)

理論のネットワーク化への貢献

ここまで本研究の主要な研究成果について述べてきた。は理論的研究の成果であり、は実証的研究の成果である。本研究では、研究方法論に関してもう一つ重要な成果がある。それは、理論のネットワーク化の方略に関連している。近年の数学教育研究の国際化に伴って、研究者が参照できる理論が増えてきたことから、研究コミュニティとして理論間の関係性を確立したり、理論どうしの対話を生み出したりすることが課題となっている。こうした課題は、「理論のネットワーク化」というテーマのもとで進められてきているが、本研究の成果は、理論のネットワーク化という視点からも評価することができる。つまり、本研究では、表2に示したように記号論的用語とコモグニションの用語の適合可能性を検討し、「具象化」概念を、記号論的連鎖モデルとコモグニション理論という2つの枠組みを組合わせて分析できるように概念整理を行った。こうした研究作業は、「理論のネットワーク化」の一つの方略として試みることができる。

研究者が複数の理論を参照して研究を推進するとき、複数の理論をいかに適用し、修正し、あるいは統合するのといったことは、重要な研究活動であるが、その営みはしばしば暗黙的である。本研究では、こうした営みをより明確するメタ研究を行い、本研究以外の研究も含めて、研究方法論について論じた。

研究活動の国際化と今後の展望

本研究は、研究代表者による個人研究であるが、研究期間内に研究活動の国際化を常に推進した。文献研究に基づく理論的研究においては、可能な限り当該理論の提唱者や当該分野の専門家とコミュニケーションを重視した。そのために国際学会での研究発表を行うだけでなく、必要に応じて海外の大学を訪問し、セミナー等を行うことで、本研究の視点や方法を国際的な研究文脈に照らして評価改善することを努めた。本研究の主要成果の一部は、国際ジャーナル(International Journal of Science and Mathematics

Education)に掲載されているので、今後はできるだけ多くの研究者と本研究の課題意識を共有できるよう成果発信をさらに推進したいと考えている。

また、そうした研究活動の国際化を通して「アーギュメンテーション」という新たな研究の着想を得ることができた。研究の主要なキーワードは、「ディスコース」から「アーギュメンテーション」に移ることになるが、いずれも数学の対話的本性に根ざした研究テーマである。本研究は、新たな研究課題のもとで発展的に継続していきたいと考えている。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計4件)

1. Shinno, Y. “Reification in the learning of square roots in a ninth grade classroom: combining semiotic and discursive approaches”, *International Journal of Science and Mathematics Education*. 16(2), 295-314. 2018. DOI: 10.1007/s10763-016-9765-3. (査読有)
2. 真野祐輔, 「海外の研究者との連携・共同の必要性: イギリスでの在外研究の報告を中心に」, 日本数学教育学会誌『数学教育』, 98(7), 16-19, 2016. (査読無)
3. 山本美緒・戸ヶ崎晋平・真野祐輔, 「授業中の社会的相互作用を促す教師の教授行為について: 小学校第3学年「分数」の授業観察を通して」, 大阪教育大学数学教室『数学教育研究』, 第44号, 27-34, 2015. (査読無)
4. 真野祐輔, 「無理数の学習指導における数学的ディスコースの進展: 具象化(reification)の記号論的分析」, 日本数学教育学会誌『数学教育学論究』, 第96巻・臨時増刊, 81-88, 2014. (査読有)

[学会発表](計3件)

1. Shinno, Y. “Meta-theoretical aspects of the two case studies of networking theoretical perspectives: focusing on the treatments of theoretical terms in different networking strategies”, *10th Congress of European Research in Mathematics Education, Thematic Working Group 17 (Theoretical perspectives and approaches in mathematics education research)*, Poster Presentation, Dublin, Ireland, February 2017.
2. 山本美緒・真野祐輔, 「数学教育研究の方法論としての理論のネットワーク化: 多様なネットワーク化方略からみえる研究課題」, 全国数学教育学会第45回研究発表会, 広島大学, 2017年1月.
3. 真野祐輔, 「ディスコースを視点とした数学学習の記号論的分析: 無理数の学習を例として」, 全国数学教育学会第42回研究発表会, 鹿児島大学, 2015年6月.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

真野 祐輔 (SHINNO, Yusuke)

大阪教育大学・教育学部・准教授

研究者番号: 10585433